

**PENGARUH *CLEANUP GASIFIER* TERHADAP PRODUK
GAS HASIL GASIFIKASI MENGGUNAKAN MEDIA GERAM
BESI, ZEOLIT DAN SERBUK GERGAJI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

PUTUT ARIYANTO

D 200 120 123

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH *CLEANUP GASIFIER* TERHADAP PRODUK GAS HASIL
GASIFIKASI MENGGUNAKAN MEDIA GERAM BESI, ZEOLIT DAN
SERBUK GERGAJI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

PUTUT ARIYANTO

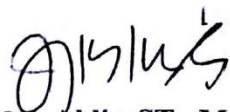
D 200 120 123

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing

~



Nur Akli, ST., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH *CLEANUP GASIFIER* TERHADAP PRODUK GAS HASIL GASIFIKASI MENGGUNAKAN MEDIA GERAM BESI, ZEOLIT DAN SERBUK GERGAJI

OLEH :

PUTUT ARIYANTO

D 200 120 123

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

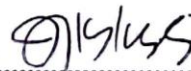
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 8 April 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Nur Akli, ST., M.Eng.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Sartono Putro, MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Sunardi Wiyono, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)

()

()

()

Dekan,




Ir. Sunardi Wiyono, MT., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 April 2017

Penulis



PUTUT ARIYANTO

D 200 12 0123

**PENGARUH *CLEANUP GASIFIER* TERHADAP PRODUK GAS HASIL
GASIFIKASI MENGGUNAKAN MEDIA GERAM BESI,
ZEOLIT DAN SERBUK GERGAJI**

Abstrak

Cleanup gasifier adalah suatu perangkat yang digunakan untuk membersihkan produk gas dari gas pengotor dan tar yang dihasilkan dari proses gasifikasi. Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *cleanup gasifier* menggunakan variasi media filter (geram besi, zeolit dan serbuk gergaji) terhadap produk gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi. Nyala api dari gas yang telah dibersihkan digunakan untuk menghitung nilai kalor pendidihan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *cleanup gasifier* mampu membersihkan produk gas dari gas pengotor dan tar. Data yang diperoleh menunjukkan temperatur nyala api tertinggi sebesar 676° C menggunakan media filter campuran, waktu nyala api efektif terbaik selama 72 menit menggunakan media filter geram besi, waktu tercepat pendidihan air selama 28 menit menggunakan media filter campuran, nilai kalor sensibel tertinggi sebesar 603,823 kJ menggunakan media filter campuran, dan nilai kalor laten tertinggi sebesar 1918,450 kJ menggunakan media filter campuran.

Kata kunci : Biomassa, *Cleanup Gasifier*, *Fluidized Bed*, Gasifikasi

Abstract

Cleanup gasifier is a device used to clean the gas product from gas contaminant and tar produced by gasification processes. Gasification is a process of change thermochemical solid fuel into gas, the necessary air is lower than the air used for combustion processes. This research was conducted to determine the effect of the *cleanup gasifier* using a variety of filter media (chip metal, zeolite and sawdust) from the product gas produced by gasification processes. The flame of the gas that has been cleaned is used for calculating the calorific value of boiling water. The research results showed that the use *cleanup gasifier* capable of cleaning gas product from gas contaminant and tar. The data obtained showed the highest flame temperature at 676° C using mixture of filter media, the best time effective flame for 72 minutes using chip metal of filter media, the fastest time of boiling water for 28 minutes using mixture of filter media, the highest value of sensible heat at 603,823 kJ using mixture of filter media, the highest value of latent heat at 1918,450 kJ using mixture of filter media.

Keywords : Biomass, *Cleanup Gasifier*, *Fluidized Bed*, Gasification

1. PENDAHULUAN

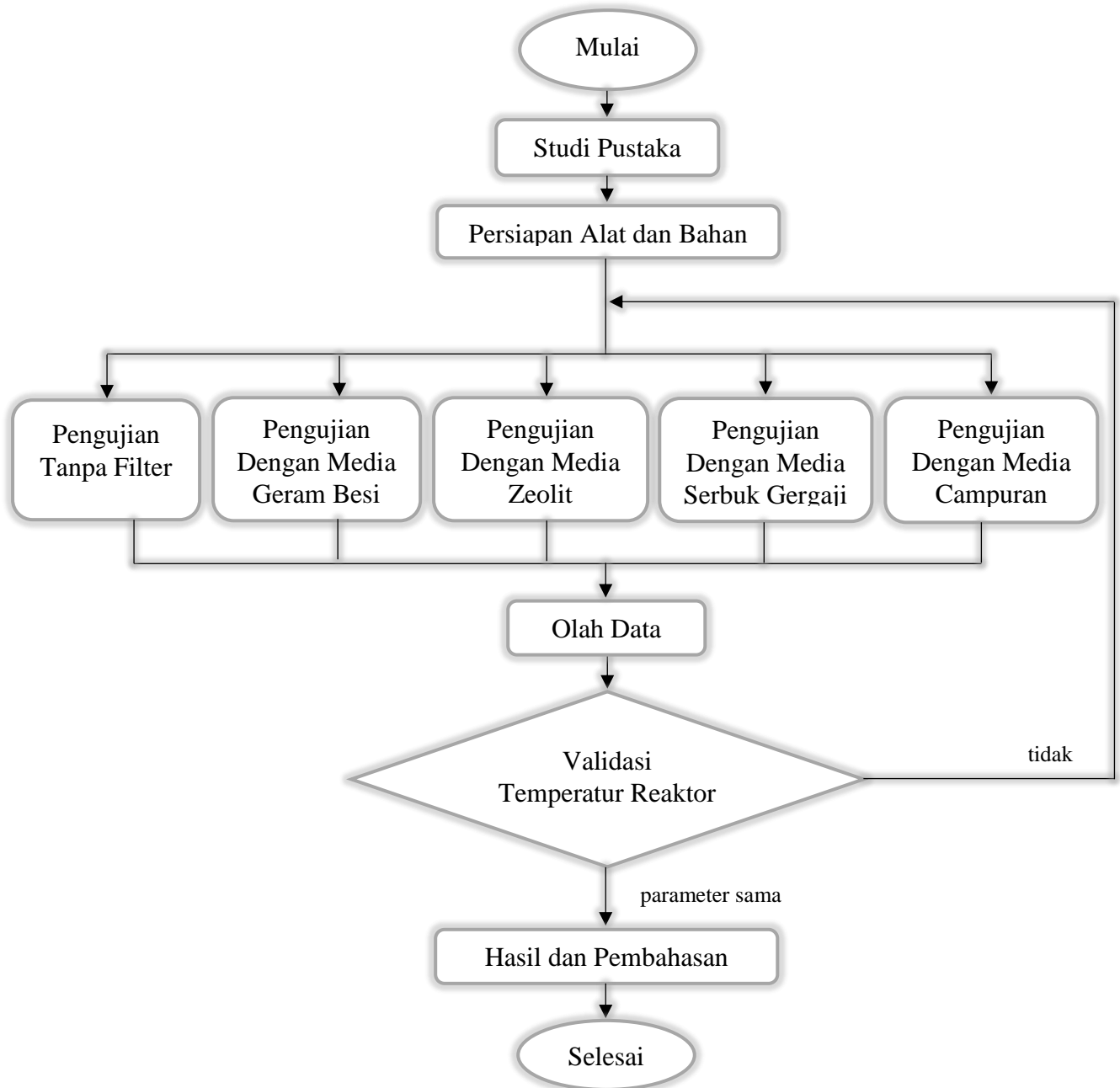
Indonesia merupakan salah satu Negara dengan konsumsi energi terbesar, khususnya bahan bakar fosil. Tercatat pada tahun 2013 Indonesia menempati urutan kedua di dunia sebagai negara pengimport minyak, sementara produksi minyak nasional semakin turun. Saat ini konsumsi BBM dalam negeri mencapai 1,6 juta barel per hari, sementara produksinya hanya di bawah 900.000 barel per hari (SKK Migas). Untuk itu perlu adanya upaya nyata dan serius dalam mengatasi ketergantungan terhadap minyak.

Ditengah ancaman defisit energi sesungguhnya Indonesia menyimpan potensi energi yang melimpah dan terbarukan yaitu biomassa. Salah satu proses biomassa yaitu gasifikasi, dari beberapa jenis kandungan gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi masih terdapat gas pengotor serta tar yang mengurangi kualitas dari gas yang dihasilkan untuk itu perlu adanya pembersihan kandungan gas sehingga aman untuk dijadikan sebagai energi alternatif. Telah banyak penelitian mengenai biomassa khususnya gasifikasi, salah satunya yang dilakukan oleh (Aklis, dkk., 2016), melakukan penelitian tentang pengaruh ukuran partikel *bed* terhadap *syngas* yang dihasilkan *bubbling fluidized bed gasifier*. Hasil gas digunakan untuk menyalakan kompor dan memanaskan air, sedangkan temperatur titik api dan temperatur air diukur sebagai indikator dari kinerja reaktor. (Tiara, 2013), melakukan penelitian yang bertujuan untuk menguji pengaruh variasi laju aliran air pada venturi *wet scrubber* yang digunakan untuk membersihkan *syngas* dari tar. Dari hasil pengujian didapatkan tingkat efisiensi *wet scrubber* 70 %. (Pathak, 2007), melakukan penelitian yang bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan *sand bed filter* terhadap kinerja motor bensin. Dari hasil pengujian diketahui bahwa gas hasil gasifikasi yang telah difilter mampu menghidupkan motor bensin dengan baik.

Penggunaan *cleanup gasifier* sebagai alat pembersih produk gas hasil gasifikasi diharapkan mampu untuk mereduksi gas pengotor dan tar sehingga gas yang keluar dari filter bisa digunakan sebagai energi alternatif yang aman tanpa menimbulkan emisi serta mencegah kerusakan pada perangkat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

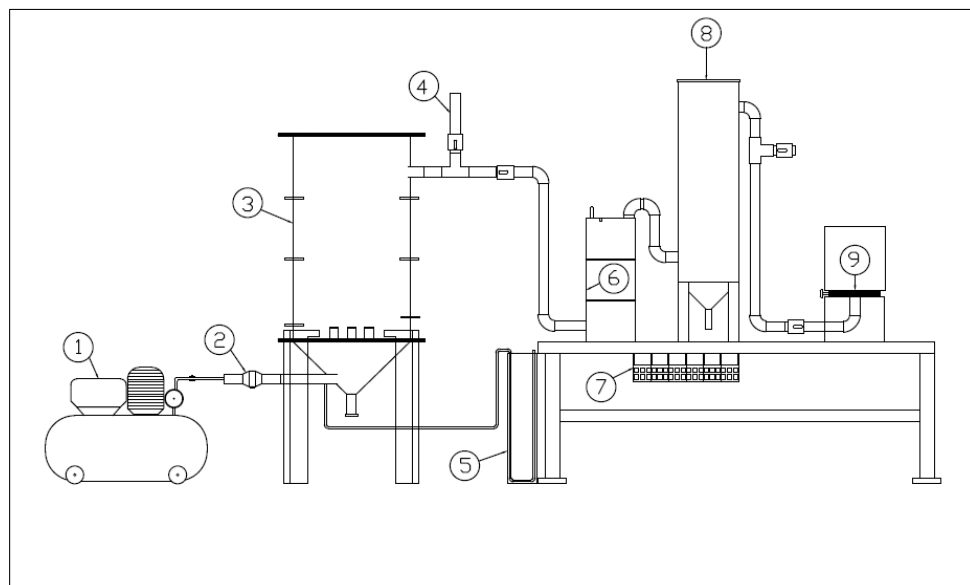
Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian, tahapan yang telah dilakukan pada penelitian ini adalah perancangan, pembuatan perangkat *cleanup gasifier* dan pengujian. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai

kalor pendidihan air dari proses gasifikasi dengan dan tanpa media *cleanup*. Kemudian dilakukan analisa berdasarkan data tersebut untuk mendapatkan nilai kalor terbaik dari gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi.

Berikut ini adalah uraian dari tahap perancangan alat pembersih gas :

- 1) Menentukan awal dari pembuatan *cleanup gasifier* yang akan dibuat meliputi material bahan dan dimensi serta media yang akan digunakan.
- 2) Merancang seluruh bagian dari *cleanup gasifier*.
- 3) Membuat *cleanup gasifier*.
- 4) Melakukan pengujian dengan dan tanpa media *cleanup gasifier* menggunakan reaktor gasifikasi tipe *fluidized bed*.

2.2 Instalasi Alat Pengujian



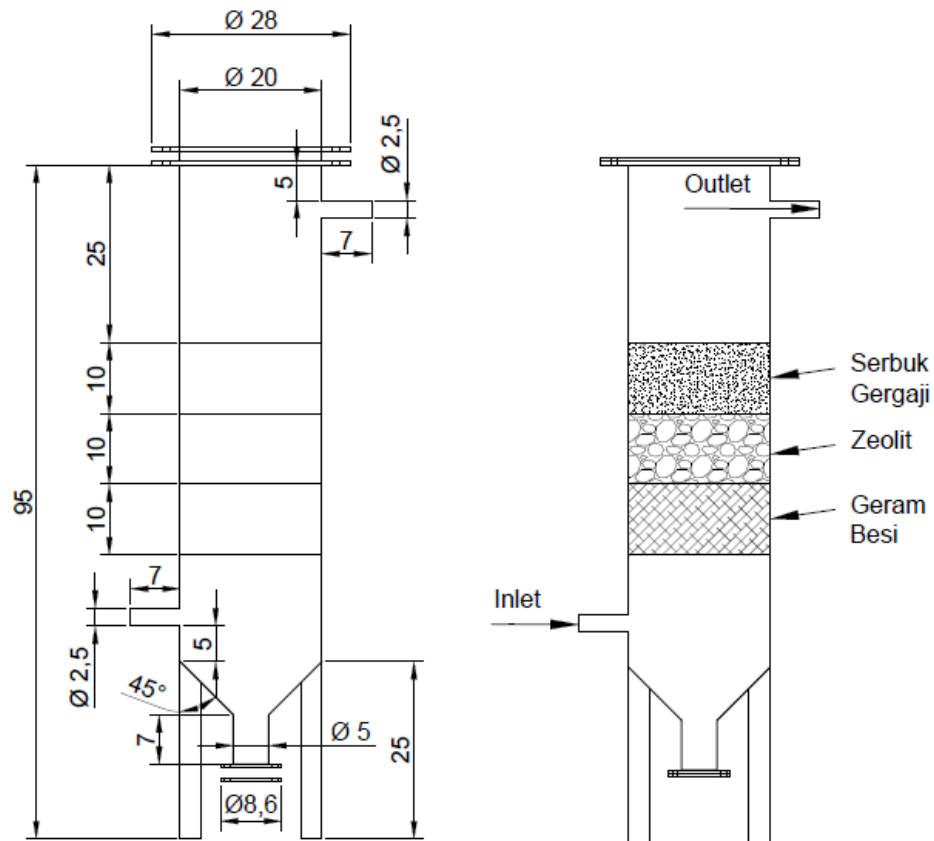
Gambar 2 Instalasi Alat Pengujian

Keterangan :

- | | | |
|-----------------------|------------------|---------------------|
| 1. Kompresor | 4. Saluran Buang | 7. Thermoreader |
| 2. Anemometer | 5. Manometer U | 8. Cleanup Gasifier |
| 3. Reaktor Gasifikasi | 6. Filter Air | 9. Kompor |

Gambar 2 menunjukkan instalasi alat pengujian, selain komponen yang telah disebutkan di atas dalam pengujian ini memerlukan beberapa alat dan bahan antara lain stopwatch, thermometer, timbangan, gelas ukur, sekam padi dan pasir silika serta arang sebagai umpan *burner*.

2.3 Desain *Cleanup Gasifier*



Gambar 3 Desain *Cleanup Gasifier*

Gambar 3 menunjukkan desain dari alat pembersih gas. Setelah keluar dari reaktor gas hasil gasifikasi dilewatkan pada tabung berisi air untuk membersihkan produk gas dari debu halus dan tar, kemudian produk gas masuk ke filter melalui saluran *inlet* yang akan dilewatkan pada beberapa variasi media filter yaitu geram besi, zeolit, serbuk gergaji, dan campuran selanjutnya produk gas keluar melalui saluran *outlet* yang akan dialirkan melalui pipa menuju kompor.

2.4 Langkah-langkah Penelitian

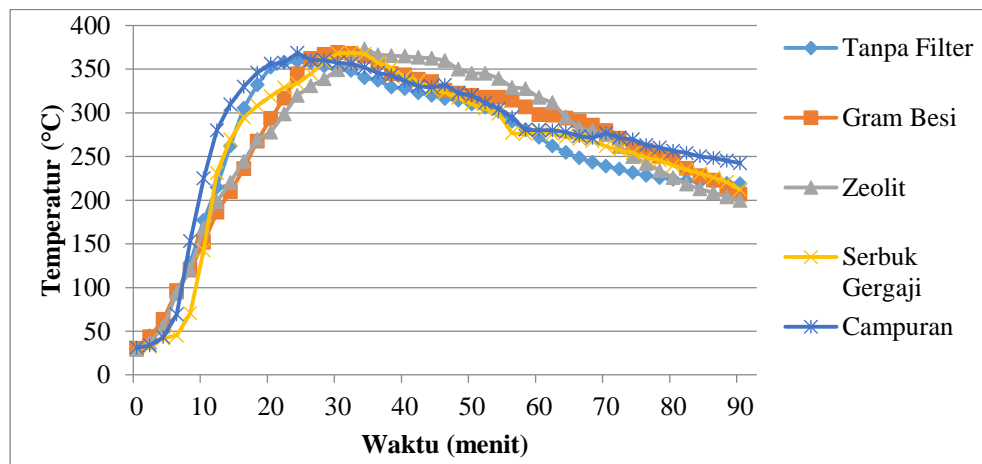
Penelitian dilakukan menggunakan reaktor gasifikasi tipe *fluidized bed* dengan variasi media *cleanup gasifier* (geram besi, zeolit, serbuk gergaji dan campuran) sebagai pembersih produk gas, penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi sebanyak 5 kg. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Pembuatan alat pembersih gas (*cleanup gasifier*).
- 2) Persiapan alat dan bahan.
- 3) Mengaplikasikan alat pembersih pada rangkaian reaktor *fluidized bed*.
- 4) Memasukkan 10 kg pasir silika yang telah dipanaskan.
- 5) Menyalakan kompresor, atur pada kecepatan udara 4 m/s.
- 6) Memasukkan 5 kg sekam padi serta 30 mg bara api sebagai umpan *burner*.
- 7) Mengukur temperatur reaktor, nyala api serta pendidihan air setiap 2 menit sekali.
- 8) Percobaan dilakukan 5 kali dengan variasi media *cleanup gasifier* yang berbeda.
 - a. Percobaan pertama dilakukan tanpa menggunakan filter.
 - b. Percobaan kedua dilakukan menggunakan variasi media geram besi.
 - c. Percobaan ketiga dilakukan menggunakan variasi media zeolit.
 - d. Percobaan keempat dilakukan menggunakan variasi media serbuk gergaji.
 - e. Percobaan terakhir dilakukan menggunakan variasi media campuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Validasi Temperatur Reaktor

Gambar 4 menunjukkan profil temperatur reaktor pada variasi media *cleanup gasifier*. Temperatur awal pada pengujian tanpa filter adalah 28,87° C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-24 sebesar 358,97° C. Temperatur awal pada pengujian dengan media geram besi adalah 30,40° C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-30 sebesar 369,07° C.

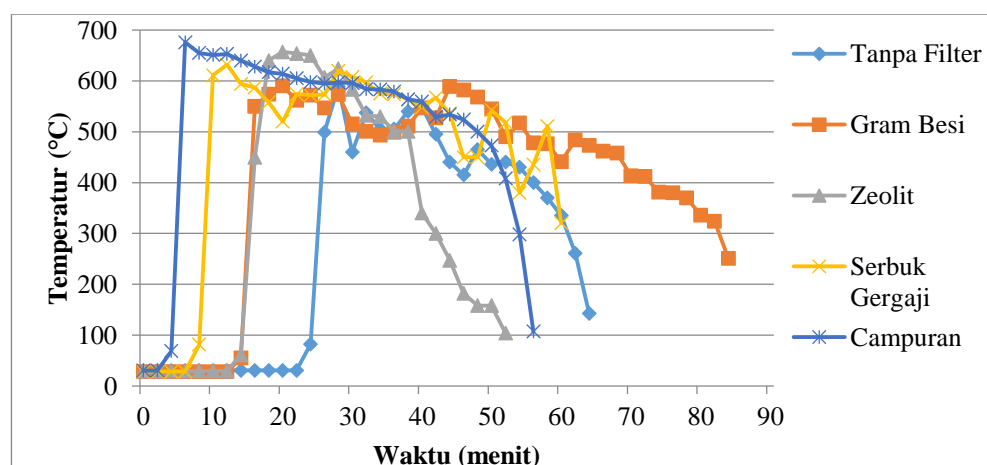


Gambar 4 Grafik Validasi Temperatur Reaktor

Temperatur awal pada pengujian dengan media zeolit adalah $28,87^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-34 sebesar $373,1^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada pengujian dengan media serbuk gergaji adalah $30,73^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-32 sebesar $369,03^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada pengujian dengan media campuran adalah $30,93^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-24 sebesar $368,6^{\circ}\text{C}$.

Distribusi temperatur reaktor cenderung naik mulai dari menit awal proses pembakaran dan rata-rata mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-29. Dari data temperatur yang diperoleh akan dijadikan sebagai parameter untuk menentukan apakah proses dilanjutkan atau diulangi.

3.2 Perbandingan Temperatur Nyala Api



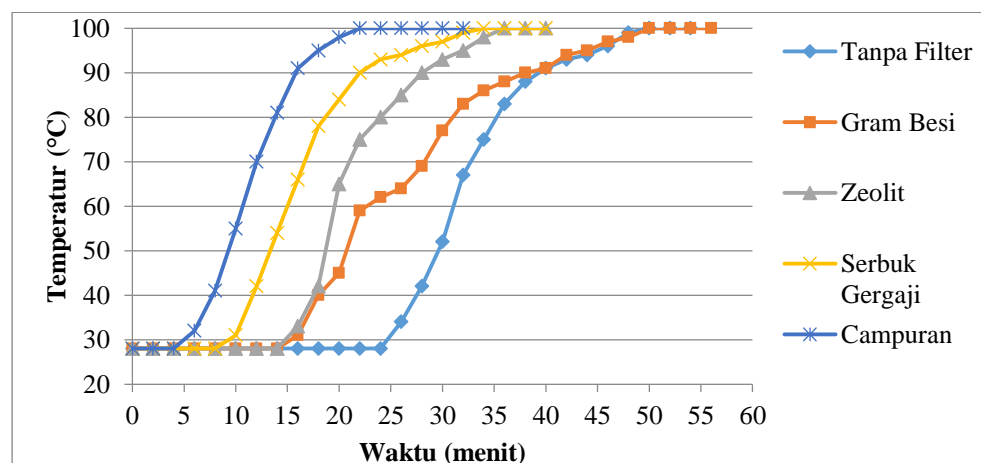
Gambar 5 Grafik Perbandingan Temperatur Nyala Api

Gambar 5 menunjukkan perbandingan temperatur nyala api pada variasi media *cleanup gasifier*. Perbandingan lama reaksi dapat dilihat dari

grafik temperatur nyala api melalui kompor yang dinyalakan. Temperatur awal pada pengujian tanpa filter adalah $30,5^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-40 sebesar 549°C sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-24 sampai menit ke-66. Temperatur awal pada pengujian dengan media geram besi adalah 28°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-44 sebesar 589°C , sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-14 sampai menit ke-88. Temperatur awal pada pengujian dengan media zeolit adalah $29,2^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-20 sebesar 657°C , sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-14 sampai menit ke-52. Temperatur awal pada pengujian dengan media serbuk gergaji adalah $28,1^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-28 sebesar 620°C , sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-6 sampai menit ke-62. Temperatur awal pada Pengujian dengan media campuran adalah $30,4^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-8 sebesar 676°C , sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-6 sampai menit ke-58.

Distribusi temperatur nyala api pada variasi media *cleanup gasifier* cenderung berbeda, begitu pula dengan waktu nyala efektifnya. Diketahui bahwa nyala api efektif terbaik adalah menggunakan media geram besi sedangkan untuk temperatur nyala api tertinggi dan nyala api tercepat adalah menggunakan media campuran.

3.3 Perbandingan Temperatur Pendidihan Air



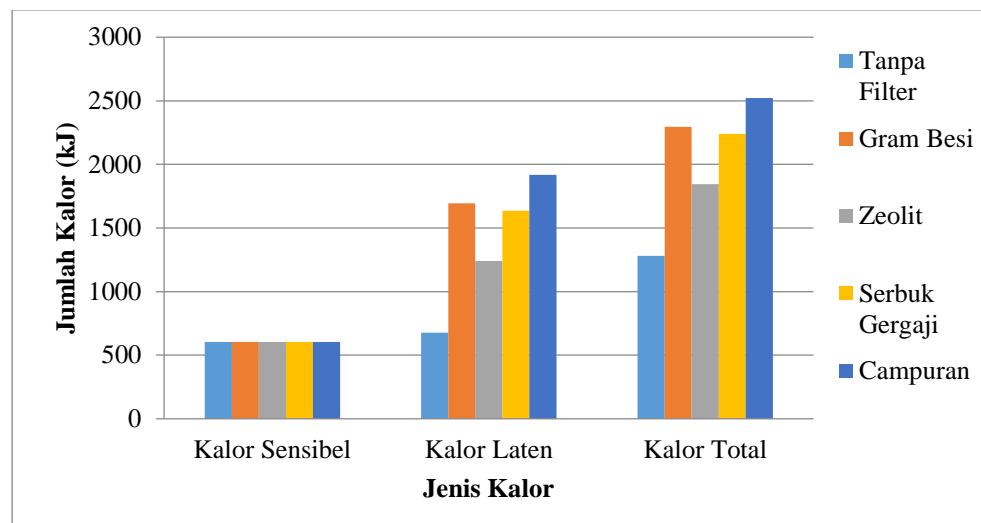
Gambar 6 Grafik Perbandingan Pendidihan Air

Gambar 6 menunjukkan perbandingan temperatur pendidihan air pada variasi media *cleanup gasifier*. Perbandingan waktu pendidihan air dapat dilihat dari grafik temperatur pendidihan air. Temperatur awal pada pengujian tanpa filter adalah 28°C dan mencapai temperatur pendidihan

(100° C) pada menit ke-50, temperatur konstan hingga menit ke-54. Temperatur awal pada pengujian dengan media geram besi adalah 28° C dan mencapai temperatur pendidihan (100° C) pada menit ke-50, temperatur konstan hingga menit ke-56. Temperatur awal pada pengujian dengan media zeolit adalah 28° C dan mencapai temperatur pendidihan (100° C) pada menit ke-36, temperatur konstan hingga menit ke-40. Temperatur awal pada pengujian dengan media serbuk gergaji adalah 28° C dan mencapai temperatur pendidihan (100° C) pada menit ke-34, temperatur konstan hingga menit ke-40. Temperatur awal pada pengujian dengan media campuran adalah 28° C dan mencapai temperatur pendidihan (100° C) pada menit ke-22, temperatur konstan hingga menit ke-32.

Distribusi temperatur pendidihan air pada variasi media *cleanup gasifier* cenderung berbeda, begitu pula dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur pendidihan (100° C). Diketahui bahwa waktu tercepat untuk mendidihkan air adalah menggunakan media filter campuran.

3.4 Perbandingan Nilai Kalor



Gambar 7 Grafik Perbandingan Nilai Kalor

Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai kalor pada variasi media *cleanup gasifier*. Nilai kalor pendidihan air dapat dilihat dari grafik perbandingan nilai kalor. Dari grafik perhitungan kalor sensibel, kalor laten dan kalor total pendidihan air dapat dilihat bahwa pada pengujian tanpa filter memiliki kalor sensibel sebesar 603,692 kJ, kalor laten sebesar 677,1 kJ dan kalor total sebesar 1280,792 kJ. Sedangkan pada pengujian dengan media geram besi memiliki kalor sensibel sebesar 603,630 kJ, kalor laten sebesar 1692,750 kJ dan kalor total sebesar 2296,380 kJ. Pada pengujian dengan media zeolit memiliki kalor sensibel sebesar 603,775 kJ, kalor laten

sebesar 1241,35 kJ dan kalor total sebesar 1845,125 kJ. Pada pengujian dengan media serbuk gergaji memiliki kalor sensibel sebesar 603,726 kJ, kalor laten sebesar 1636,325 kJ dan kalor total sebesar 2240,051 kJ. Pada pengujian dengan media campuran memiliki kalor sensibel sebesar 603,823 kJ, kalor laten sebesar 1918,450 kJ dan kalor total sebesar 2522,273 kJ.

Dari kelima variasi media *cleanup gasifier* yang memiliki kalor sensible, kalor laten dan kalor total tertinggi adalah menggunakan media campuran dengan kalor sensibel sebesar 603,823 kJ, kalor laten sebesar 1918,45 kJ dan kalor total sebesar 2538,985 kJ.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan data hasil pengujian pengaruh variasi media *cleanup gasifier* terhadap produk gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi didapat kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Setelah melakukan pengujian diketahui bahwa variasi media *cleanup gasifier* mempengaruhi temperatur nyala api dari produk gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi dan didapatkan variasi terbaik menggunakan media campuran (geram besi, zeolit dan serbuk gergaji).
- 2) Dari data pengujian diketahui waktu tercepat yang dibutuhkan untuk mendidihkan air yaitu menggunakan media filter campuran, air mendidih pada menit ke-22.
- 3) Dari proses pendidihan air diketahui nilai kalor laten tertinggi menggunakan media campuran yang menghasilkan nilai kalor laten sebesar 1918,45 kJ.

4.2 Saran

Adapaun saran-saran dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Usahakan tidak ada kebocoran yang menyebabkan berkurangnya suplay udara pada reaktor.
2. Sebaiknya dilakukan uji kandungan gas untuk mengetahui kualitas gas dari hasil gasifikasi.
3. Lakukan penelitian dengan teliti dan penuh tanggung jawab.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat kepada penulis sehingga laporan penelitian tugas akhir berjudul “*Pengaruh Cleanup Gasifier Terhadap Produk Gas Hasil Gasifikasi Menggunakan Media Geram Besi, Zeolit dan Serbuk Gergaji*” dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis dengan ketulusan dan kerendahan hati ingin menyampaikan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, perhatian serta kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
2. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Tri Widodo Besar Riyadi, ST., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Nur Aklis, ST., M.Eng., selaku pembimbing utama yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
6. Seluruh Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang selalu memberi motivasi serta dukungan selama perkuliahan samapi sekarang.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklis, Nur, dkk., 2016. *Pengaruh Ukuran Partikel Bed Terhadap Syngas Yang Dihasilkan Bubbling Fluidized Bed Gasifier*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Basu, Prabir, 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. USA : Elsevier.

- Metty, dkk., 2012. *Pemurnian Biogas Dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H_2S) Dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan*. Bali : Universitas Udayana.
- Pathak, B.S. et al., 2007. *Design and Development of Sand Bed Filter for Upgrading Producer Gas to IC Engine Quality Fuel*. International Energy Journal.
- Putri, Tiara Yulia, 2013 *Rancang Bangun Alat Gasifikasi Biomassa (Kayu Karet) Sistem Updraft Single Gas Outlet*. Jurusan Teknik Kimia Program Studi S1 (Terapan) Teknik Energi.
- Wibawa, Ary Descesar, 2016. *Studi Eksperimen Pengaruh Ukuran Bahan Bakar Terhadap Kerja Pada Reaktor Fluidized Bed Gasifier*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wicaksono, Uta Lutfi, 2015. *Pengembangan Teknologi Alat Produksi Gas Metana Dari Pembakaran Sampah Organik Menggunakan Media Pemurnian Batu Kapur, Arang Batok Kelapa, Batu Zeolit Dengan Satu Tabung*. Surakarta : Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Yulistiana, Fitria, 2009. *Kajian Tekno Ekonomi Pabrik Konversi Biomassa Menjadi Bahan Bakar Fischer-Tropsch Melalui Proses Gasifikasi*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.